

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
26. April 2001 (26.04.2001)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 01/28737 A1(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: B23Q 17/09,  
17/22, 17/24, G01V 8/12, G01B 11/00RIEDTER, Bruno [DE/DE]; Martinusweg 6, 88250  
Weingarten (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/10313

(74) Anwalt: GOETZ, Rupert; Wuesthoff & Wuesthoff,  
Schweigerstrasse 2, 81541 München (DE).(22) Internationales Anmeldedatum:  
19. Oktober 2000 (19.10.2000)

(81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,  
BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, SE).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
199 50 331.1 19. Oktober 1999 (19.10.1999) DE

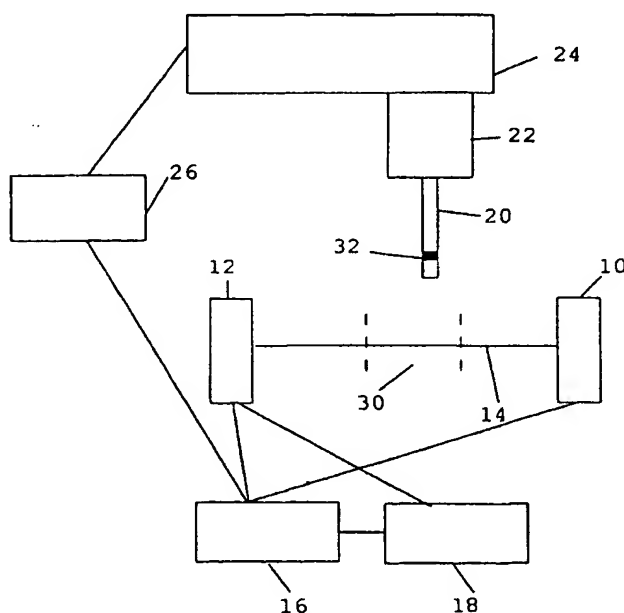
Veröffentlicht:

— Mit internationalem Recherchenbericht.  
— Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden  
Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen  
eintreffen.(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von  
US): BLUM-NOVOTEST GMBH [DE/DE]; Kaufstrasse  
14, 88287 Grünkraut (DE).Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen  
Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on  
Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe  
der PCT-Gazette verwiesen.

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BUCHER, Heribert  
[DE/DE]; Hofkammerstrasse 13, 88069 Tettnang (DE).

(54) Title: METHOD AND DEVICE FOR TESTING THE CUTTING EDGE GEOMETRY OF A ROTARY-DRIVEN TOOL

(54) Bezeichnung: VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM PRÜFEN EINER SCHNEIDENGEOMETRIE EINES DREH-  
ANTREIBBAREN WERKZEUGS

(57) Abstract: The invention relates to a method and to a device for testing the cutting edge geometry of a rotary-driven tool (20). The cutting edge geometry of a tool is tested during time intervals that comprise points in time at which a zone of the tool to be tested (32) is expected to dip into a measuring beam (14). At points in time when the tool does not dip into the measuring beam no measurements are made, thereby increasing the reliability of the measurements and preventing measuring errors. To this end, a measuring system (10-18) is used that preferably comprises programmable units to use the invention flexibly in different machine tools and tools without having to change the set-up of the measuring system.

(57) Zusammenfassung: Die Prüfung einer Schneidengeometrie eines Werkzeugs (20) findet während Zeitintervallen statt, die Zeitpunkte umfassen, an denen zu erwarten ist, dass ein zu prüfender Bereich (32) des Werkzeugs in einen Messstrahl (14) eintaucht. An Zeitpunkten, an denen das Werkzeug nicht in den Messstrahl eintaucht, werden keine Messungen durchgeführt, wodurch die Zuverlässigkeit der Prüfung erhöht und Fehlmessungen vermieden werden. Hierfür wird ein Messsystem (10-18) verwendet, das vorzugsweise programmierbare Einheiten umfasst, um die Erfindung flexibel bei unterschiedlichen Werkzeugmaschinen und Werkzeugen

ohne Änderungen des Aufbaus des Messsystems einzusetzen.

WO 01/28737 A1

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM PRÜFEN EINER  
SCHNEIDENGEOMETRIE EINES DREHANTREIBBAREN WERKZEUGS

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Prüfen einer Schneiden-  
geometrie eines drehantreibbaren Werkzeugs und eine Vorrichtung  
zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens. Insbesondere  
betrifft die Erfindung die Prüfung einer Schneidengeometrie ei-  
nes Werkzeugs zur Bruch- und Verschleißkontrolle mittels eines  
Meßstrahls.

Die Verwendung von Meßsystemen zum Prüfen von drehantreibbaren  
Werkzeugen unter Verwendung eines Meßstrahls, insbesondere eines  
optischen Meßstrahls, ist bekannt. So wird in DE 42 38 504 ein  
Verfahren beschrieben, das unter Verwendung eines dünnen Laser-  
strahls die Länge und den Durchmesser eines Werkzeugs sowie  
Rundheitsfehler vermißt. Auf diese Weise kann nicht nur die Ein-  
stellung des Werkzeugs überprüft, sondern auch Verschleiß oder  
ein Bruch des Werkzeugs erkannt werden. Hierbei wird das Werk-  
zeug einer optischen Meßebeene senkrecht zu der Meßebeene zuge-  
stellt. Das Meßsystem gibt ein Signal aus, das angibt, ob das  
Werkzeug in die Meßebeene eintaucht. Beim Eintauchen des Werk-  
zeugs wird dessen relative Lage gegenüber der Meßebeene bestimmt,  
um unter Verwendung von Referenzpunkten die Maße des Werkzeugs  
zu berechnen. Um zusätzlich die Rundheit und den Durchmesser des  
Werkzeugs zu bestimmen, wird das sich drehende Werkzeug der Meß-  
ebene auch parallel zur Meßebeene zugeführt.

Um Beeinträchtigungen des Meßvorgangs aufgrund von Verunreini-  
gungen der Luft in einem Meßbereich eines optischen Meßsystems  
zu vermeiden, wird gemäß DE 42 44 869 nur dann ein Signal er-  
zeugt, das das Eintauchen eines Werkzeugs in die Meßebeene an-  
gibt, wenn ein drastischer Signalabfall in einem als Meßstrahl  
verwendeten Laserstrahl detektiert wird. Zusätzlich werden von  
dem Meßsystem Vergleichswerte aufgenommen, die als Referenzwerte  
für einzelne Meßvorgänge dienen und den Meßvorgang beeinträchti-  
gende Störeinflüsse reduzieren sollen.

Des weiteren ist in DE 32 18 754 ein Verfahren zur Längenmessung eines drehantreibbaren Werkzeugs offenbart. Hierbei passiert das Werkzeug eine optische Meßeinrichtung, wobei die Position des Werkzeugs bestimmt wird, wenn die Werkzeugspitze eine Meßebene der optischen Meßeinrichtung passiert. Durch einen Vergleich der gemessenen Position mit einer Soll-Position des Werkzeugs kann die Länge des Werkzeugs berechnet werden. Auf diese Weise ist es auch möglich, festzustellen, ob das Werkzeug gebrochen ist.

Bei der industriellen Anwendung dieser beschriebenen Verfahren hat sich gezeigt, daß aufgrund von Verschmutzungen, z.B. durch ~~Kühlmittel oder Metallspäne~~, in den Meßbereichen der verwendeten optischen Meßsysteme fehlerhafte oder nicht zufriedenstellende Messungen auftreten. Des weiteren müssen die verwendeten optischen Meßsysteme in Abhängigkeit der verwendeten Werkzeuge sowie deren Drehzahl für den jeweiligen Anwendungsfall neu eingestellt werden. Außerdem erlaubt keines dieser bekannten Verfahren eine Kontrolle einzelner Schneiden eines Werkzeugs sowie eine vollständige Überprüfung der Geometrie eines Werkzeugs.

Aus der DE 39 05 949 A1 ist ein Meßsystem zum Prüfen einer Schneidengeometrie bekannt, bei dem Abschattungen eines Meßstrahls durch Hindernisse auf seinem Ausbreitungsweg erfaßt und ausgewertet werden. Die Berücksichtigung von Soll-Zeitpunkten und Detektions-Zeitpunkten ist dort nicht vorgesehen.

Gemäß der DE 692 23 544 T2 werden Störungen beim optischen Vermessen des Profiles eines Objektes dadurch beseitigt, daß die optische Abtastung des Objektes mittels eines Laserstrahls auf vorbestimmte Zeitintervalle eingeschränkt wird. Hierfür wird der Laserstrahl in einem Beleuchtungszeitintervall leuchten gelassen, während in einem Ausschalt-Zeitintervall der Laserstrahl ausgeschaltet ist. Hierzu synchron wird eine Ausleseeinrichtung zum Empfangen des Laserstrahls betrieben, um einen synchronen Auslese-Abtastbetrieb von Lichtempfangselementen abwechselnd zu wiederholen.

Die DD 245 481 A1 offenbart ein Verfahren und eine Anordnung zur fotoelektrischen Lagebestimmung von Kanten an rotierenden Prüflingen bezüglich deren Drehachse. Hierbei wird während einer er-

## 3

sten Umdrehung diejenige Drehstellung des Prüflings relativ zu einem Fotoempfänger mittels eines optischen Meßverfahrens bestimmt, in der eine vorgegebene Kante des Prüflings vom Fotoempfänger erfaßt wird. Während weiterer Umdrehungen des Prüflings werden mittels eines hochauflösenden langsamen Verfahrens nur die Fotoempfängersignale ausgewertet, die in der zuvor bestimmten Drehstellung des Prüflings erfaßt werden.

Daher ist es Aufgabe der Erfindung, bei der Prüfung eines drehantreibbaren Werkzeugs Störeinflüsse in einer Meßebeine eines Meßsystems zu eliminieren.

Um eine gewünschte Bearbeitungsqualität mit einem drehantreibbaren Werkzeug zu ermöglichen, ist sicherzustellen, daß die verwendeten Werkzeuge bestimmte Eigenschaften aufweisen. Zu diesen Eigenschaften zählen unter anderem die Positionierung eines Werkzeugs in einer entsprechenden Haltevorrichtung der Werkzeugmaschine sowie die Geometrie des Werkzeugs selbst. Mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens wird es möglich, ein drehantreibbares Werkzeug hinsichtlich seiner tatsächlichen Gestalt zu überprüfen. Hierfür wird ein zu prüfender Bereich auf dem Werkzeug festgelegt, beispielsweise der Bereich der Schneiden des Werkzeugs. Das Werkzeug wird mit einer gewünschten Drehzahl gedreht und in einen Meßbereich eingebracht, der von einem Meßstrahl definiert wird. Aufgrund der Drehung des Werkzeugs kann der Meßstrahl auf den zu prüfenden Bereich des Werkzeugs fallen, es ist aber auch möglich, daß der Meßstrahl nicht auf den zu prüfenden Bereich fällt. Neben dieser Wechselwirkung mit dem zu prüfenden Bereich können auch Wechselwirkungen zwischen dem Meßstrahl und anderen in dem Meßbereich befindlichen Medien oder Stoffen auftreten, beispielsweise mit herabtropfender Kühlflüssigkeit oder Metallspänen. Um das Werkzeug zu prüfen, werden die Wechselwirkungen des Meßstrahls mit dem zu prüfenden Bereich detektiert. Dabei ist zu vermeiden, daß Wechselwirkungen zwischen dem Meßstrahl und den anderen Stoffen oder Medien Fehlmessungen verursachen.

Dies wird erfindungsgemäß dadurch vermieden, daß die Detektion nur während Zeitintervallen stattfindet, die Zeitpunkte umfassen, an denen zu erwarten ist, daß der zu prüfende Bereich während der Drehung in den Meßstrahl eintaucht. Unter Verwendung

4

einer vorgegebenen Teilung, die im folgenden als Soll-Teilung bezeichnet wird, eines dem zu prüfenden Werkzeug entsprechenden Referenzwerkzeugs werden derartige Zeitpunkte ermittelt. Diese ermittelten Zeitpunkte werden im folgenden als Soll-Zeitpunkte bezeichnet. Danach wird die Detektion während gewählter Detektions-Intervalle durchgeführt, die jeweils einen Soll-Zeitpunkt umfassen, um auf der Basis von auftretenden oder nicht auftretenden optischen Wechselwirkungen zu überprüfen, ob das Werkzeug die Soll-Teilung aufweist oder beschädigt ist.

10

Hierbei ist es vorgesehen, daß die Detektions-Zeitintervalle so gewählt werden, daß sie sich zeitlich nicht überlappen. Des weiteren können die Detektions-Zeitintervalle so gewählt werden, daß sie den entsprechenden Soll-Zeitpunkt symmetrisch umfassen.

15

Werkzeuge, die als Referenzwerkzeuge für zu prüfende Werkzeuge verwendet werden, umfassen reale Werkzeuge, deren Maße den für das zu prüfende Werkzeug gewünschten Maßen entsprechen, z.B. unbeschädigte oder neue Werkzeuge, aber auch sogenannte "virtuelle Werkzeuge". Unter "virtuellen Werkzeugen sind hier nicht die Werkzeuge im eigentlichen Sinn zu verstehen, sondern die formale Beschreibung der Maße der Werkzeuggeometrie. Die formale Beschreibung kann z.B. durch mathematische Formeln und/oder Daten erfolgen. Da die Erfindung, wie weiter unten beschrieben wird, auch programmierbare Komponenten umfassen kann, ist die Verwendung "virtueller" Referenzwerkzeuge in Form von Daten zu bevorzugen, die z.B. rechnergestützt gespeichert und verarbeitet werden.

Die Größe der gewählten Detektions-Zeitintervalle ist in Abhängigkeit des jeweiligen Anwendungsfalls möglichst klein zu wählen, um die Detektion auf einen Zeitbereich zu beschränken, der möglichst kurz vor einem Soll-Zeitpunkt beginnt und möglichst kurz danach endet. Auf diese Weise wird die Zuverlässigkeit der Werkzeugprüfung erhöht. Vorzugsweise werden die Detektions-Zeitintervalle so klein gewählt, daß sie den entsprechenden Soll-Zeitpunkt nur mit geringem Zeitüberschuß enthalten.

Vorzugsweise sollen die Soll-Zeitpunkte und/oder Detektions-Zeitintervalle in Abhängigkeit von der Drehzahl des Werkzeugs bestimmt werden. Darüber hinaus ist es vorteilhaft, wenn die

Soll-Zeitpunkte und/oder Detektions-Zeitintervalle unter Berücksichtigung der Soll-Teilung bestimmt werden.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung werden die  
5 Detektionszeitpunkte, die zur Synchronisation der Detektion mit dem zu prüfenden, sich drehenden Werkzeug erforderlich sind, bestimmt, indem in Abhängigkeit der Soll-Teilung ein Soll-Zeitintervall bestimmt wird. Dieses Soll-Zeitintervall gibt den zeitlichen Abstand zwischen zwei Zeitpunkten an, an denen zu er-  
10 warten ist, daß unterschiedliche Bereiche des zu prüfenden Bereichs des Werkzeugs in den Meßstrahl eintauchen. Danach werden die Signale detektiert, die Wechselwirkungen des Meßstrahls mit Hindernissen auf seinem Ausbreitungsweg angeben, wobei das De-  
15 tektieren solange durchgeführt wird, bis wenigstens zwei aufeinanderfolgende derartige Signale detektiert werden, deren zeitlicher Abstand mit dem vorbestimmten Soll-Zeitintervall übereinstimmt.

Darüber hinaus ist es möglich, das Detektieren nach einem letzten  
20 im Soll-Zeitintervall detektierten Signal zu beginnen, wobei der zeitliche Abstand der Soll-Zeitpunkte dem Soll-Zeitintervall entspricht.

Um Werkzeuge unregelmäßiger Geometrie zu prüfen, ist es möglich,  
25 in Abhängigkeit einer Soll-Teilung des Werkzeugs, die in diesem Fall eine unregelmäßige Teilung ist, eine Folge Soll-Zeitintervalle festzulegen. Nachfolgend werden die Signale, die Wechselwirkungen des Meßstrahls mit Hindernissen auf seinem Ausbreitungsweg angeben, solange detektiert, bis wenigstens zwei auf-  
30 einanderfolgende Signale detektiert werden, deren zeitlicher Abstand einem der Soll-Zeitintervalle der festgelegten Folge entspricht. Vorzugsweise wird bei den oben beschriebenen Ausführungsformen der Erfindung die Detektion kontinuierlich durchgeführt.

35 Somit wird es ermöglicht, das erfindungsgemäße Detektieren nach einem letzten in einem der Soll-Zeitintervalle detektierten Signale zu beginnen. Die Detektion erfolgt dann erfindungsgemäß zu den Soll-Zeitpunkten, deren zeitliche Abstände hier eine Folge  
40 haben, die der festgelegten Folge der Soll-Zeitintervalle entspricht.

Des weiteren ist zu bevorzugen, daß das zu prüfende Werkzeug in dem Meßbereich positioniert wird, indem ein Eintauchen der Hüllfläche des zu prüfenden Bereichs, die sich aus der Drehung des Werkzeugs ergibt, unter Verwendung des Meßstrahls detektiert wird.

Es ist auch möglich, in Antwort auf die erfindungsgemäße Detektion ein Ergebnissignal zu erzeugen, um ein Gesamtergebnis der Prüfung des Werkzeugs anzugeben. So ist es möglich, ein Ergebnissignal zu erzeugen, das eine erfolgreiche summarische Prüfung des Werkzeugs angibt, wenn eine Anzahl der zu den Soll-Zeitpunkten detektierten Signale über einer vorbestimmten Anzahl liegt oder die vorbestimmte Anzahl exakt erreicht.

Bei einer weiteren Ausführungsform der Erfindung wird die Bestimmung der Soll-Zeitpunkte erneut durchgeführt, wenn die Anzahl der zu den Soll-Zeitpunkten detektierten Signale unter der vorbestimmten Anzahl liegt. Ergänzend kann ein Ergebnissignal erzeugt werden, das eine nicht erfolgreiche Prüfung des Werkzeugs angibt, wenn die Anzahl der zu den Soll-Zeitpunkten detektierten Signale unter der vorbestimmten Anzahl liegt.

Zusätzlich ist es möglich, eine Detektionsdauer festzulegen, für die das Detektieren zu den Soll-Zeitpunkten durchgeführt wird.

Außerdem kann eine Bestimmungsdauer gewählt werden, die den Zeitraum angibt, in dem das Bestimmen der Soll-Zeitpunkte durchgeführt wird. So kann dann ein Ergebnissignal erzeugt werden, das eine nicht erfolgreiche summarische Prüfung des Werkzeugs angibt, wenn die Bestimmung der Soll-Zeitpunkte länger als die gewählte Bestimmungsdauer durchgeführt wird.

Die Detektionsdauer und/oder die Bestimmungsdauer können dabei in Abhängigkeit der Rotation des Werkzeugs und/oder in Abhängigkeit der Soll-Teilung bestimmt werden.

Um nicht nur einen einzelnen Bereich des Werkzeugs zu prüfen, sondern mehrere Bereiche des Werkzeugs oder das gesamte Werkzeug zu prüfen, wird nach Ablauf der Prüfung das erfindungsgemäße Verfahren wiederholt. Hierbei wird nach Abschluß der Prüfung ei-

7

nes Bereichs das Werkzeug relativ zu dem Meßbereich so verfahren, daß eine durch die Drehung entstehende Hüllfläche eines weiteren zu prüfenden Bereichs in den Meßbereich eintaucht bzw. in demselben liegt. Danach werden die erfindungsgemäß folgenden Prüfschritte erneut durchgeführt. Diese Vorgehensweise wird für jeden zu prüfenden Bereich wiederholt, wobei jeder weitere zu prüfende Bereich des Werkzeugs vorzugsweise dem zuvor geprüften Bereich benachbart ist.

Alternativ zu diesem Prüfen mehrerer Bereiche oder in Kombination damit können mehrere benachbarte Bereiche, größere zusammenhängende Bereiche des Werkzeugs oder das gesamte Werkzeug geprüft werden, wenn zusätzlich zur Drehung des Werkzeugs dasselbe gleichzeitig relativ zu dem Meßbereich bewegt wird, z.B. senkrecht zu dem Meßbereich, so daß eine durch die Drehung und die Relativbewegung des Werkzeugs entstehende Hüllfläche für die zu prüfenden benachbarten Bereiche bzw. des zu prüfenden zusammenhängenden Bereichs in den Meßbereich eintaucht bzw. in demselben liegt.

Zum Ausführen des erfindungsgemäßen Verfahrens wird ein Meßsystem verwendet, das einen Sender zum Aussenden eines Meßstrahls, einen Empfänger zum Empfangen des Meßstrahls und zum Ausgeben von Signalen, die einen empfangenen Meßstrahl angeben, eine mit dem Empfänger verbundene Auswerteeinheit zum Empfangen der von dem Empfänger ausgegebenen Signale und zum Erzeugen von Signalen, die Wechselwirkungen des Meßstrahls mit Hindernissen auf seinem Ausbreitungsweg angeben, in Abhängigkeit der empfangenen Signale und eine Steuereinrichtung zur Steuerung des Meßsystems aufweist.

In einer Ausführungsform der Erfindung ist die Auswerteeinheit geeignet, die Signale des Empfängers nur während gewählter Auswerte-Zeitintervalle auszuwerten, in denen Soll-Zeitpunkte liegen, an denen ein dem zu prüfenden Bereich entsprechender Bereich eines Soll-Teilung aufweisenden Referenzwerkzeugs in den Meßstrahl eintaucht.

Bei einer anderen Ausführungsform empfängt der Empfänger den Meßstrahl nur während gewählter Empfangs-Zeitintervalle, in denen jeweils nur ein Soll-Zeitpunkt liegt, an dem ein dem zu prü-



fenden Bereich entsprechender Bereich eines eine Soll-Teilung aufweisenden Referenzwerkzeugs in den Meßstrahl eintaucht.

Bei einer weiteren Ausführungsform sendet der Sender den Meßstrahl nur während gewählter Sende-Zeitintervalle aus, in denen jeweils ein Soll-Zeitpunkt liegt, an dem ein dem zu prüfenden Bereich entsprechender Bereich eines eine Soll-Teilung aufweisenden Referenzwerkzeugs in den Meßstrahl eintaucht.

Weitere Ausführungsformen der Erfindung ergeben sich als Kombinationen einzelner oder mehrerer der oben genannten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Meßsystems.

Um eine kompakte Bauform zu erzielen, können die Steuereinheit und/oder die Auswerteeinheit in dem Sender und/oder dem Empfänger integriert werden.

Um das erfindungsgemäße Meßsystem flexibel einsetzen zu können, sollte die Auswerteeinheit und/oder die Steuereinheit programmierbar sein.

Außerdem ist es wünschenswert, das Meßsystem bzw. vorzugsweise die Steuereinheit mit einer das zu prüfenden Werkzeug drehenden Maschine bzw. deren Steuerung zu verbinden, um z.B. Informationen über die Drehzahl, Form des Werkzeugs, gewünschte Bearbeitungsvorgänge und deren Genauigkeit sowie mit dem erfindungsgemäßen Meßsystem durchgeführten Prüfungen des Werkzeugs auszutauschen.

Der Meßstrahl kann ein beliebiger Strahl sein, der in Wechselwirkung mit einem zu prüfenden Werkzeug und mit anderen Hindernissen auf seinem Ausbreitungsweg treten kann und der eine Detektion der Wechselwirkungen mit einem entsprechenden Empfänger oder Detektor ermöglicht. So kann der Meßstrahl ein optischer Meßstrahl, ein elektro-magnetischer Meßstrahl, ein Korpuskel-Meßstrahl oder eine Kombination dieser Meßstrahlen sein. Angesichts der verfügbaren Komponenten, die zum Erzeugen, Aussenden und Detektieren von Meßstrahlen erforderlich sind, sowie deren Komplexität und Kosten, ist der Meßstrahl vorzugsweise ein optischer Meßstrahl und insbesondere ein Laserlichtstrahl.

Da bei dem erfindungsgemäßen Verfahren die Prüfung des Werkzeugs im wesentlichen an den sogenannten Soll-Zeitpunkten stattfindet, an denen zu erwarten ist, daß der zu prüfende Bereich des Werkzeugs in den Meßstrahl eintaucht, werden Fehlmessungen vermieden, die auf Wechselwirkung zurückzuführen sind, die keine Wechselwirkungen des Meßstrahls mit dem zu prüfenden Bereich sind. Des weiteren ermöglicht es die Erfindung durch die Verwendung programmierbarer Steuer- und Auswerteeinheiten, die Prüfung eines Werkzeugs einer Werkzeugmaschine anwendungsspezifisch auf das jeweilig verwendete Werkzeug und die jeweilig verwendete Werkzeugmaschine flexibel anzupassen. So können Werkzeuge geprüft werden, die sich mit unterschiedlichen Drehzahlen drehen und die verschiedenste, auch unregelmäßige Geometrien und Tei-  
lungen aufweisen.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden im folgenden anhand schematischer Zeichnungen mit weiteren Einzelheiten erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine Anordnung des erfindungsgemäßen Meßsystems und einem zu prüfenden Werkzeug in einer Spindel einer Werkzeugmaschine vor dem erfindungsgemäßen Prüfen,

Fig. 2 die Anordnung aus Fig. 1 während der erfindungsgemäßen Prüfung des Werkzeugs,

Fig. 3 einen Querschnitt eines zu prüfenden Werkzeugs quer zu dessen Längsachse, wobei der Querschnitt dem zu prüfenden Bereich des Werkzeugs entspricht,

Fig. 4 eine Aufsicht auf das erfindungsgemäße Meßsystem und den zu prüfenden Bereich des Werkzeugs aus Fig. 3 vor einem Eintauchen in einen Meßbereich,

Fig. 5 eine schematische Aufsicht auf das erfindungsgemäße Meßsystem und den zu prüfenden Bereich des Werkzeugs aus Fig. 3 bei dem Eintauchen in den Meßbereich,

Fig. 6 eine schematische Darstellung der Position des Werkzeugs relativ zu dem Meßstrahl in Abhängigkeit von der Lage des Prüfbereichs auf dem Werkzeugs,

Fig. 7 einen Signalverlauf von erfindungsgemäß detektierten Signalen und die dazugehörigen Positionen eines Werkzeugs mit regelmäßiger Querschnittsgeometrie in der erfindungsgemäßen Meßanordnung,

Fig. 8 einen Signalverlauf von erfindungsgemäß detektierten Signalen sowie die entsprechenden Positionen eines Werkzeugs mit unregelmäßiger Querschnittsgeometrie in dem erfindungsgemäßen Meßsystem,

Fig. 9 einen Signalverlauf von erfindungsgemäß detektierten Signalen und die dazugehörigen Positionen eines fehlerhaften Werkzeugs mit regelmäßiger Querschnittsgeometrie in der erfindungsgemäßen Meßanordnung, und

Fig. 10 einen Signalverlauf von erfindungsgemäß detektierten Signalen sowie die entsprechenden Positionen eines fehlerhaften Werkzeugs mit unregelmäßiger Querschnittsgeometrie in dem erfindungsgemäßen Meßsystem.

Die in Fig. 1 und 2 vereinfachte Darstellung einer erfindungsgemäßen Anordnung umfaßt im wesentlichen ein Meßsystem 10, 12, 14, 16, 18 und eine Werkzeugmaschine, von der lediglich ein zu prüfendes Werkzeug 20, eine das Werkzeug 20 haltende Spindel 22, ein die Spindel 22 antreibender Spindelmotor 24 und eine Steuereinheit 26 gezeigt sind. Das Meßsystem umfaßt einen Sender 10, einen Empfänger 12, der einen vom Sender 10 ausgesendeten Meßstrahl 14 empfängt, sowie eine Steuereinheit 16 und eine Auswerteeinheit 18, die mit dem Sender 10 und dem Empfänger 12 verbunden sind.

Der hier verwendete Meßstrahl 14 ist ein Laserlichtstrahl, es ist aber auch möglich, jeden zum Messen geeigneten optischen Strahl, elektromagnetische Meßstrahlen, Korpuskel-Meßstrahlen oder Kombinationen dieser Meßstrahlen zu verwenden.

Der Bereich des Meßstrahls 14 zwischen dem Sender 10 und dem Empfänger 12 entspricht dem Bereich des Meßsystems, in dem eine Prüfung eines Werkzeugs durchgeführt wird. In Abhängigkeit der Abmessungen zu prüfender Werkzeuge ist der Abstand zwischen dem

11

Sender 10 und dem Empfänger 12 möglichst klein zu halten, um Störungen bei der Messung zu vermeiden.

Auf dem zu prüfenden Werkzeug 20 wird ein Prüfbereich 32 festgelegt. Die Lage und Abmessungen des Prüfbereichs 32 hängen von der jeweiligen Werkzeuggeometrie und von mit diesem Werkzeug durchgeführten Bearbeitungsschritten ab. Zur Durchführung des Verfahrens ist es notwendig, daß der Prüfbereich 32 in den Meßbereich 30 eintaucht. Hierzu wird das Werkzeug 20 aus einer Position, in der sich der Prüfbereich 32 außerhalb des Meßbereichs 30 befindet, wie in Fig. 1 dargestellt ist, in eine Position verfahren, in der der Prüfbereich 32 in dem Meßbereich 30 liegt, wie in Fig. 2 zu sehen ist. In den Fig. 1 und 2 wird das Werkzeug 20 und somit der Prüfbereich 32 in einer parallel zur Längsachse des Werkzeugs 20 verlaufenden Richtung verfahren, so daß der Prüfbereich 32 in den Meßbereich 30 eintaucht. In Abhängigkeit von der Werkzeugmaschine, die ein zu prüfendes Werkzeug trägt, der Anordnung des Meßsystems in der Werkzeugmaschine, der Art des zu prüfenden Werkzeugs und der Lage und Abmessung eines festgelegten Prüfbereichs ist die Art der Bewegung des zu prüfenden Werkzeugs für jeden Anwendungsfall zu definieren. Die Art der Bewegung des Werkzeugs 20 spielt bei der Ausführung des Prüfverfahrens keine Rolle, es ist nur zu gewährleisten, daß der Prüfbereich 32 in den Meßbereich 30 eintaucht.

In Fig. 3 ist eine vereinfachte Darstellung einer Querschnittsansicht auf den Prüfbereich 32 des Werkzeugs 20 gezeigt. In diesem Fall weist das Werkzeug 20 vier Schneiden 202, 204, 206, 208 auf, die überprüft werden sollen. Zur Durchführung des Verfahrens ist es notwendig, daß das Werkzeug 20 mit einer gewünschten, konstanten Drehzahl gedreht wird, bevor und/oder während der Prüfbereich 32 in den Meßbereich 30 eintaucht, und sich der Prüfbereich 32 in dem Meßbereich 30 befindet. Aufgrund der Drehung des Werkzeugs 20 entsteht eine den Prüfbereich 32 umhüllende Hüllfläche 210. Die Bewegung des Werkzeugs 20 aus einer Position, in der der Prüfbereich 32 außerhalb des Meßbereichs 30 liegt, wie in Fig. 4 gezeigt ist, wird beendet, sobald die Hüllfläche 210 in den Meßbereich eintaucht, wie in Fig. 5 gezeigt ist.

12

Vorzugsweise wird der Meßstrahl 14 verwendet, um das Eintauchen der Hüllfläche 210 in den Meßbereich 30 zu detektieren. Es ist beispielsweise aber auch möglich, das Eintauchen der Hüllfläche 210 in den Meßbereich 30 aus der relativen Lage des Werkzeugs 20 zu dem Meßstrahl 14 zu ermitteln. Wird der Meßstrahl 14 zur Detektion des Eintauchens der Hüllfläche 210 in den Meßbereich 30 verwendet, wird Meßstrahl 14 blockiert, sobald eine der Schneiden 202, 204, 206, 208 in den Meßbereich 30 eintaucht, so daß der Empfänger 12 den Meßstrahl 14 nicht mehr empfängt. Der Empfänger 12 detektiert die Unterbrechung des Meßstrahls 14 und erzeugt ein Signal, das diese Unterbrechung angibt.

Vorzugsweise gibt der Empfänger 12 in diesem Fall ein impulsartiges Signal ab, aber es ist jedes bekannte Signal verwendbar, das eine Unterbrechung des Meßstrahls 14 angibt. Dieses Signal wird von dem Empfänger 12 entweder direkt an die Steuereinheit 16 des Meßsystems oder über die Auswerteeinheit 18 an diese weitergegeben.

Die Steuereinheit 16 gibt dann ein Signal an die Steuereinheit 26 der Werkzeugmaschine aus. In Antwort auf dieses Signal beendet die Steuereinheit 26 die Verfahrbewegung des Werkzeugs 20. Liegt der zu prüfende Bereich 32 des Werkzeugs 20 auf einer äußeren Oberfläche desselben, wird die Verfahrbewegung unmittelbar nach Erhalt des von der Steuereinheit 16 ausgegebenen Signals beendet. Im Gegensatz dazu wird die Verfahrbewegung nach Erhalt des von der Steuereinheit 16 ausgegebenen Signals erst nach einer vorbestimmten Zeitdauer oder einer vorbestimmten zusätzlichen Wegstrecke beendet, wenn der Prüfbereich 32 des Werkzeugs 20 nicht auf einer äußeren Oberfläche desselben, sondern "im" Werkzeug liegt. Die resultierenden Positionen des Werkzeugs 20 relativ zu dem Meßbereich 30 bzw. dem Meßstrahl 14 für diese unterschiedlichen Fälle sind in Fig. 6 skizziert.

Aufgrund der Drehung des Werkzeugs 20 tauchen die Schneiden 202, 204, 206, 208 nacheinander in den Meßbereich 30 ein und unterbrechen dabei den Meßstrahl 14. Der zeitliche Abstand der Unterbrechungen des Meßstrahls 14 durch die Schneiden 202, 204, 206, 208 ist hier gleich und konstant, da sich das Werkzeug 20 mit einer konstanten Drehzahl dreht und der Abstand zwischen den Schneiden 202, 204, 206, 208 gleich ist.

Diese Art der Unterbrechung des Meßstrahls 14 führt dazu, daß der Empfänger 12 Signale, wie sie beispielhaft in Fig. 7 dargestellt sind, abgibt. In Fig. 7 ist der von dem Empfänger 12 erzeugte Signalverlauf sowie die entsprechenden Positionen des Werkzeugs 20 in dem Meßbereich 30, genauer die relative Lage der Schneiden 202, 204, 206, 208 zu dem Meßstrahl 14, gezeigt. Eine Beschädigung oder ein vollständiges Fehlen einer der Schneiden würde dazu führen, daß der Empfänger 12 an einem Zeitpunkt, einem sogenannten Soll-Zeitpunkt, an dem zu erwarten ist, daß eine Schneide den Meßstrahl unterbricht, kein Signal erzeugt, da die beschädigte oder fehlende Schneide keine Unterbrechung des Meßstrahls 14 verursacht.

Demgegenüber würde der Empfänger 12 auch ein Signal erzeugen, wenn die Unterbrechung des Meßstrahls 14 nicht auf eine Unterbrechung durch eine der Schneiden zurückzuführen ist, sondern andere Gründe hat. Dies ist der Fall, wenn beispielsweise Kühlflüssigkeit oder Späne in den Meßbereich 30 eintauchen und den Meßstrahl 14 unterbrechen. Die Auswertung eines solchen Signals kann zu Fehlmessungen und somit zu einer fehlerhaften Überprüfung des Werkzeugs 20 führen.

Um einerseits diese Art von Fehlmessungen zu vermeiden und um andererseits die Schneiden 202, 204, 206, 208 zu überprüfen, werden die von dem Empfänger 12 erzeugten und an die Auswerteeinheit 18 weitergeleiteten Signale nur während gewählter Detektions-Zeitintervalle ausgewertet, die jeweils einen Soll-Zeitpunkt umfassen, an dem zu erwarten ist, daß eine der Schneiden 202, 204, 206, 208 den Meßstrahl 14 unterbricht. Hierbei werden Detektions-Zeitintervalle verwendet, die sich zeitlich nicht überschneiden und den jeweiligen Soll-Zeitpunkt mit nur geringem zeitlichen Überschuß symmetrisch umfassen.

Detektiert die Auswerteeinheit 18 ein Fehlen eines Signals während dieser Detektions-Zeitintervalle, kann daraus geschlossen werden, daß eine der Schneiden 202, 204, 206, 208 fehlt oder beschädigt ist, d.h. Abmessungen hat, die nicht den erforderlichen Abmessungen entsprechen.

Die Vorgehensweise bei der Auswertung der von dem Empfänger 12 erzeugten Signale vermeidet die oben beschriebenen Fehlmessungen, da Signale nicht erfaßt und ausgewertet werden, die nicht auf eine Unterbrechung des Meßstrahls 14 durch eine der Schnei-

5 den 202, 204, 206, 208 zurückzuführen sind, da sie außerhalb der Detektions-Zeitintervalle liegen und somit auch nicht durch das Werkzeug verursacht werden können.

Das Verfahren eignet sich auch zur Prüfung unregelmäßig gestal-

10 teter Werkzeuge. Weist das zu prüfende Werkzeug 20 beispielsweise unregelmäßig beabstandete Schneiden 202, 204, 206 auf, wie in Fig. 8 zu sehen ist, erzeugt der Empfänger 12 Signale, deren zeitliche Abstände unterschiedlich sind. Ein solcher unregelmä-

15 Biger, als beispielhaft zu verstehender Signalverlauf ist in Fig. 8 gezeigt. Auch in diesem Fall werden von der Auswerteeinheit 18 Signale des Empfängers 12 nur während der Detektions-Zeitintervalle ausgewertet, die jeweils einen Soll-Zeitpunkt um-

20 fassen, an dem zu erwarten ist, daß eine der Schneiden 202, 204, 206 den Meßstrahl 14 unterbricht.

Zur Durchführung des Prüfverfahrens ist es daher notwendig, die Auswertung der Signale des Empfängers 12 synchronisiert mit der Drehung des Werkzeugs 20 und in Abhängigkeit der Werkzeuggeometrie durchzuführen. Hierfür erhält die Steuereinheit 16 z.B. von

25 der Steuereinheit 26 der Werkzeugmaschine Informationen, die die Drehzahl und die Gestalt (z.B. Teilung) des aktuell verwendeten Werkzeugs betreffen. Alternativ dazu greift Steuereinheit 16 auf die Gestalt (z.B. Teilung) des aktuell verwendeten Werkzeugs betreffende Daten zu, die in der Steuereinheit 16 einprogrammiert

30 oder in einem nicht gezeigten Speicher gespeichert sind. Hierbei können die Informationen, die die Drehzahl des Werkzeugs betreffen, von Steuereinheit 26 an die Steuereinheit 16 übermittelt werden. Um einen möglichst einfachen Aufbau der Prüfvorrichtung zu ermöglichen, ist es auch möglich, das Werkzeug 20 bei der

35 Prüfung mit einer zuvor definierten konstanten Drehzahl zu drehen, wobei Daten, die diese Drehzahl angeben, in der Steuereinheit 16 einprogrammiert sind oder in dem nicht gezeigten Speicher zum Zugriff durch die Steuereinheit 16 gespeichert sind. Dadurch entfällt die Notwendigkeit, Informationen hinsichtlich

40 der Drehzahl des Werkzeugs und/oder der Gestalt (z.B. Teilung)

des aktuell verwendeten Werkzeugs an die Steuereinheit 16 zu übermitteln.

Aus diesen Informationen errechnet die Steuereinheit 16 die Soll-Zeitpunkte, an denen das Werkzeug 20 den Meßstrahl 14 unterbricht, wenn es die gewünschte Teilung, d.h. die Soll-Teilung, aufweist. Die Steuereinheit 16 steuert nun die Auswerteeinheit 18 so, daß sie nur Signale des Empfängers 12 während der Detektions-Zeitintervalle auswertet. Um zu gewährleisten, daß die Auswerteeinheiten der Auswerteeinheit 18 die Zeitpunkte umfassen, an denen gewünschte Unterbrechungen des Meßstrahls 14 aufgrund der Drehung des Werkzeugs 20 auftreten sollen, muß das Meßsystem mit der Drehung des Werkzeugs 20 synchronisiert werden. Im folgenden wird die hier gewählte Synchronisation beschrieben.

Bei der Synchronisation der Auswerteeinheit 18 mit dem sich drehenden Werkzeug 20 werden in einem dem eigentlichen Meßvorgang vorgelagerten Schritt alle vom Empfänger 12 erzeugten Signale von der Auswerteeinheit 18 wie im folgenden erläutert ausgewertet. Alle von dem Empfänger 12 erhaltenen Signale werden von der Auswerteeinheit 18 hinsichtlich ihres zeitlichen Abstandes zueinander ausgewertet. Aufgrund der z.B. von der Steuereinheit 16 erhaltenen Informationen sind der Auswerteeinheit 18 die Abstände zwischen den Zeitpunkten bekannt, an denen der Empfänger 12 aufgrund einer gewünschten Unterbrechung des Meßstrahls 14 ein Signal erzeugen sollte. Diese im folgenden als Soll-Zeitintervalle bezeichneten Zeitabstände können in Abhängigkeit der Geometrie des zu prüfenden Werkzeugs 20 gleich sein oder aus einer Folge unterschiedlicher Soll-Zeitintervalle bestehen. Die Auswerteeinheit 18 vergleicht nun die Zeitabstände aller von dem Empfänger 12 erhaltenen Signale mit dem Soll-Zeitintervall oder den Soll-Zeitintervallen.

Werden zwei Signale detektiert, deren zeitlicher Abstand einem Soll-Zeitintervall entspricht, kann daraus geschlossen werden, daß die zu diesen Impulsen führende Unterbrechung des Meßstrahls 14 auf eine der Schneiden 202, 204, 206, 208 zurückzuführen ist. Um hierbei Fehler zu vermeiden, ist es zu bevorzugen, den Synchronisationsvorgang erst zu beenden, wenn mehr als zwei aufein-



anderfolgende Signale detektiert wurden, deren jeweiliger zeitlicher Abstand dem Soll-Zeitintervall entspricht.

5 Wird im Falle einer unregelmäßigen Soll-Teilung eine Folge unterschiedlicher Soll-Zeitintervalle zum Vergleich verwendet, wird der Synchronisationsvorgang bevorzugterweise beendet, wenn die zeitlichen Abstände mehrerer aufeinanderfolgender Signale eine Folge aufweisen, die dieser gewünschten Folge entspricht. Die Prüfsicherheit kann hier dadurch erhöht werden, daß der Synchronisationsvorgang erst beendet wird, wenn wenigstens drei  
10 aufeinanderfolgende Signale detektiert werden, deren Folge zeitlicher Abstände zueinander einem Teil der Folge der Soll-Zeitintervalle entspricht.

15 Nachdem bei den oben beschriebenen Synchronisationsabläufen das letzte Signal des Empfängers 12 in einem Soll-Zeitintervall detektiert wurde, wird der eigentliche Prüfvorgang in einem zeitlichen Abstand begonnen, der gewährleistet, daß die Detektions-Zeitintervalle alle Soll-Zeitpunkte umfassen.

20 Die Größen der Detektions-Zeitintervalle sind so zu dimensionieren, daß einerseits kein Signal des Empfängers 12 verloren geht, der auf eine gewünschte Unterbrechung des Meßstrahls 14 zurückzuführen ist, und andererseits Signale nicht ausgewertet werden, die auf unerwünschte Unterbrechungen des Meßstrahls 14 zurückzuführen sind. So ist bei der Dimensionierung der Detektions-Zeitintervalle unter anderem die Drehzahl des Werkzeugs 20, dessen Geometrie (z.B. Teilung) und eine gewünschte Qualität eines mit dem Werkzeug 20 durchzuführenden Bearbeitungsvorgangs vorzunehmen.  
25 30 Idealerweise werden die Detektions-Zeitintervalle so klein gewählt, daß sie die Soll-Zeitpunkte mit nur geringem Zeitüberschuß enthalten. Dies erfordert aber eine exakte und aufwendige Steuerung des Meßsystems, um keine Fehlmessungen zu erhalten. Daher sind die Größen der Detektions-Zeitintervalle in Abhängigkeit des jeweiligen Anwendungsfalls zu wählen.  
35

Die Auswerteeinheit 18 führt die Detektion von Impulsen des Empfängers 12 während der Detektions-Zeitintervalle für eine festzulegende Detektionsdauer durch. Um zu gewährleisten, daß alle  
40 Schneiden 202, 204, 206, 208 des Werkzeugs 20 überprüft werden, sollte die Detektionsdauer so gewählt werden, daß jede der

Schneiden 202, 204, 206, 208 wenigstens einmal in den Meßbereich eintaucht. Das heißt, die Detektionsdauer sollte wenigstens der Dauer einer vollständigen Umdrehung des Werkzeugs 20 entsprechen. Eine erhöhte Zuverlässigkeit des erfindungsgemäßen Verfahrens kann erreicht werden, wenn eine längere Detektionsdauer gewählt wird, d.h. das Werkzeug für mehr als eine Umdrehung überprüft wird. Dabei ist zu berücksichtigen, daß bei der Wahl der Prüfdauer der eigentliche Betrieb der Werkzeugmaschine nicht wesentlich verlängert wird.

Detektiert die Auswerteeinheit 18 während der Detektionsdauer eine Anzahl von Signalen des Empfängers 12, die unter einer vorbestimmten Anzahl liegt, kann darauf geschlossen werden, daß eine der Schneiden 202, 204, 206, 208 fehlt oder beschädigt ist.

Diese vorbestimmte Anzahl ist in Abhängigkeit der Detektionsdauer, der Geometrie bzw. Teilung des Werkzeugs 20, einer gewünschten Qualität und Zuverlässigkeit des Meßverfahrens und anderer Faktoren festzulegen, die den Meßvorgang beeinflussen. Wird eine Anzahl von Signalen des Empfängers 12 detektiert, die größer als die vorbestimmte Anzahl oder gleich groß ist, gibt die Auswerteeinheit 18 ein Signal aus, das angibt, daß die gesamte Prüfung des Werkzeugs erfolgreich war. Liegt die Anzahl der erfaßten Signale unter der vorbestimmten Anzahl, gibt die Auswerteeinheit 18 ein Signal aus, das eine fehlgeschlagene Gesamtprüfung angibt.

Um den Prüfvorgang möglichst kurz zu gestalten, ist die Detektionsdauer so zu wählen, daß sie der Dauer einer vollständigen Umdrehung des Werkzeugs 20 entspricht. In diesem Fall kann darauf geschlossen werden, daß das Werkzeug 20 nicht beschädigt ist bzw. die gewünschte Geometrie aufweist, wenn die Anzahl der detektierten Signale der Anzahl der Schneiden entspricht. D.h. bei dem in Fig. 7 dargestellten Fall ist die Prüfung des Werkzeugs 20 erfolgreich, wenn vier Signale detektiert werden, während bei dem in Fig. 8 dargestellten Fall die Prüfung des Werkzeugs 20 erfolgreich ist, wenn drei Signale detektiert werden.

Werden bei dem in Fig. 7 dargestellten Fall weniger als vier Signale und dem in Fig. 8 dargestellten Fall weniger als drei Signale detektiert, ist die jeweilige Werkzeugprüfung fehlgeschlagen, d.h. eine der Schneiden fehlt oder ist beschädigt, wie dies

in Figur 9 für die Schneide 204 und in Figur 10 für die Schneide 206 gezeigt ist. Somit werden zu den Zeitpunkten, die den jeweiligen Soll-Zeitpunkten für die fehlenden oder fehlerhaften Schneiden, nämlich den Schneiden 204 und 206 aus Fig. 9 bzw. 10, entsprechen, keine Signale detektiert, die eine Wechselwirkung des Meßstrahls 14 mit dem zu prüfenden Bereich 32 angeben. Der Verlauf der hier detektierten Signale ist ebenfalls in den Fig. 9 und 10 skizziert, wobei die zu den Soll-Zeitpunkten erwarteten, aber nicht detektierten Signale gestrichelt dargestellt sind.

In der bisherigen Beschreibung wurde das Detektieren während der Detektions-Zeitintervalle durchgeführt, indem die Auswerteeinheit 18 Signale des Empfängers 12 nur während der die Soll-Zeitpunkte umfassenden Detektions-Zeitintervalle auswertet. Das Detektieren kann aber auch dadurch erreicht werden, indem der Sender 10 den Meßstrahl 14 nur während der die Soll-Zeitpunkte umfassenden Detektions-Zeitintervalle aussendet. Dies wird ebenfalls erreicht, wenn der Empfänger 12 den Meßstrahl 14 nur während der die Soll-Zeitpunkte umfassenden Detektions-Zeitintervalle detektiert. Die Überprüfung eines Werkzeugs kann unter Verwendung einer beliebigen Kombination dieser drei, zuletzt genannten Ausführungsformen durchgeführt werden.

Um einen möglichst flexiblen und anwendungsspezifischen Einsatz der Erfindung zu ermöglichen, ist es zu bevorzugen, daß die Steuereinheit 16 und/oder die Auswerteeinheit 18 programmierbare Einheiten umfassen. Unter Verwendung der programmierbaren Einheiten wird es möglich, das erfindungsgemäße Meßsystem auf die jeweilige verwendete Werkzeugmaschine, die verschiedenen zu prüfenden Werkzeuge und unterschiedlichste Prüfbedingungen anzupassen, ohne dabei das Meßsystem in seinem strukturellen Aufbau ändern zu müssen. Die programmierbaren Einheiten können z.B. aus Mikroprozessoren bestehen, die in der Steuereinheit 16 und/oder der Auswerteeinheit 18 integriert sind, in Form eines Rechnersystems zur Verfügung gestellt werden, das mit der Steuereinheit 16 und/oder der Auswerteeinheit 18 verbunden ist, oder durch beliebige Kombinationen davon gebildet werden.

## PATENTANSPRÜCHE

1. Verfahren zum Prüfen einer Schneidengeometrie eines drehan-  
5 treibbaren Werkzeugs, mit einem Meßsystem, mit folgenden Schrit-  
ten:
- Festlegen eines zu prüfenden Bereichs auf dem Werkzeug,
  - Drehen des Werkzeugs mit einer gewählten Drehzahl,
  - Aussenden eines Meßstrahls, der einen Meßbereich festlegt,
  - 10 - Positionieren des Werkzeugs, so daß eine durch die Drehung  
entstehende Hüllfläche seines zu prüfenden Bereichs in den Meß-  
bereich eintaucht, und
  - Detektieren von Signalen, die Wechselwirkungen des Meßstrahls  
mit Hindernissen auf seinem Ausbreitungsweg angeben,
  - 15 dadurch gekennzeichnet, daß
  - Soll-Zeitpunkte bestimmt werden, an denen ein dem zu prüfenden  
Bereich entsprechender Bereich eines Soll-Teilung aufwei-  
senden Referenzwerkzeugs während der Drehung in den Meßbereich  
eintaucht,
  - 20 - das Meßsystem anhand der Folge detektierter Signale mit der  
Drehung des Werkzeugs synchronisiert wird, und
  - das Detektieren nachfolgend nur während gewählter Detektions-  
Zeitintervalle durchgeführt wird, die jeweils einen Soll-  
Zeitpunkt umfassen.
  - 25
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Detektions-Zeitintervalle so ge-  
wählt werden, daß sie sich nicht zeitlich überschneiden.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Detektions-Zeitintervalle so ge-  
wählt werden, daß sie jeweils den entsprechenden Soll-Zeitpunkt  
symmetrisch umfassen.
- 35 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Detektions-Zeitintervalle so ge-  
wählt werden, daß sie jeweils den entsprechenden Soll-Zeitpunkt  
mit nur geringem Zeitüberschuß umfassen.
- 40 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

dadurch gekennzeichnet, daß die Soll-Zeitpunkte und/oder die Detektions-Zeitintervalle in Abhängigkeit von der Drehzahl des Werkzeugs bestimmt werden.

5 6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Soll-Zeitpunkte und/oder die Detektions-Zeitintervalle in Abhängigkeit von der Soll-Teilung bestimmt werden.

10 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Bestimmen der Soll-Zeitpunkte folgende Schritte umfaßt:

- ~~Bestimmen eines Soll-Zeitintervalls in Abhängigkeit von der Soll-Teilung des Werkzeugs und der gewählten Drehzahl, und~~
- 15 - Detektieren der Signale, die Wechselwirkungen des Meßstrahls mit Hindernissen auf seinem Ausbreitungsweg angeben, wobei das Detektieren solange durchgeführt wird, bis wenigstens zwei aufeinanderfolgende Signale detektiert werden, deren zeitlicher Abstand mit dem Soll-Zeitintervall übereinstimmt.

20

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß

- der zeitliche Abstand der Soll-Zeitpunkte dem Soll-Zeitintervall entspricht, und
- 25 - das Detektieren während der Detektions-Zeitintervalle nach einem letzten im Soll-Zeitintervall detektierten Signal begonnen wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Bestimmen der Soll-Zeitpunkte folgende Schritte umfaßt:

- Festlegen einer Folge von Soll-Zeitintervallen in Abhängigkeit von der Soll-Teilung des Werkzeugs, die wenigstens zwei festgelegte Soll-Zeitintervalle umfaßt, und
- 35 - Detektieren der Signale, die Wechselwirkungen des Meßstrahls mit Hindernissen auf seinem Ausbreitungsweg angeben, wobei das Detektieren solange durchgeführt wird, bis wenigstens zwei aufeinanderfolgende Signale detektiert werden, deren zeitlicher Abstand einem der Soll-Zeitintervalle entspricht.

40

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9,

dadurch gekennzeichnet, daß das Detektieren kontinuierlich durchgeführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10,  
5 dadurch gekennzeichnet, daß
- eine Folge der zeitlichen Abstände der Soll-Zeitpunkte der festgelegten Folge von Soll-Zeitintervallen entspricht und
  - das Detektieren während der Detektions-Zeitintervalle nach dem letzten der in einem der Soll-Zeitintervalle detektierten Signa-  
10 le begonnen wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Eintauchen der Hüllfläche des zu prüfenden Bereichs in den Meßbereich unter Verwendung des Meß-  
15 strahls detektiert wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,  
dadurch gekennzeichnet, daß in Antwort auf die detektierten Signale ein Ergebnissignal erzeugt wird, das ein summarisches Er-  
20 gebnis der Prüfung der Schneidengeometrie angibt.
14. Verfahren nach Anspruch 13,  
dadurch gekennzeichnet, daß ein Ergebnissignal erzeugt wird, das eine erfolgreiche summarische Prüfung der Schneidengeometrie an-  
25 gibt, wenn eine Anzahl der während der Detektions-Zeitintervalle detektierten Signale über einer vorbestimmten Anzahl liegt oder der vorbestimmten Anzahl entspricht.
15. Verfahren nach Anspruch 13,  
30 dadurch gekennzeichnet, daß die Bestimmung der Soll-Zeitpunkte und das Detektieren erneut durchgeführt wird, wenn die Anzahl der während der Detektions-Zeitintervalle detektierten Signale unter der vorbestimmten Anzahl liegt.
- 35 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 13 bis 15,  
dadurch gekennzeichnet, daß ein Ergebnissignal erzeugt wird, das eine nicht erfolgreiche summarische Prüfung der Schneidengeometrie angibt, wenn die Anzahl der während der Detektions-Zeitintervalle detektierten Signale unter der vorbestimmten Anzahl  
40 liegt.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 16,  
dadurch gekennzeichnet, daß das Detektieren während der Detekti-  
ons-Zeitintervalle für eine gewählte Detektionsdauer durchge-  
führt wird.
- 5 18. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 17,  
dadurch gekennzeichnet, daß  
- das Bestimmen der Soll-Zeitpunkte für eine gewählte Bestim-  
mungsdauer durchgeführt wird, und/oder  
10 - ein Ergebnissignal erzeugt wird, das eine nicht erfolgreiche  
Prüfung des Werkzeugs angibt, wenn die Bestimmung der Soll-  
Zeitpunkte länger als die gewählte Bestimmungsdauer durchgeführt  
wird.
- 15 19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18,  
dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionsdauer und/oder die Be-  
stimmungsdauer in Abhängigkeit der Drehzahl des Werkzeugs  
und/oder in Abhängigkeit der Soll-Teilung bestimmt wird.
- 20 20. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 19,  
dadurch gekennzeichnet, daß nach Ablauf der Prüfung das Verfah-  
ren gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche wiederholt wird, um  
einen weiteren Bereich auf dem Werkzeug zu prüfen, wobei das  
Werkzeug relativ zu dem Meßbereich so verfahren wird, daß eine  
25 durch die Drehung entstehende Hüllfläche des weiteren zu prüfen-  
den Bereichs in den Meßbereich eintaucht.
21. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 20,  
dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zur Drehung des Werkzeugs  
30 dasselbe gleichzeitig relativ zu dem Meßbereich bewegt wird, so  
daß eine durch die Drehung und die Relativbewegung des Werkzeugs  
entstehende Hüllfläche des zu prüfenden Bereichs in den Meßbe-  
reich eintaucht.
- 35 22. Meßsystem zum Prüfen einer Schneidengeometrie eines mit ei-  
ner gewählten Drehzahl drehantreibbaren Werkzeugs, mit  
- einem Sender zum Aussenden eines Meßstrahls,  
- einem Empfänger zum Empfangen des Meßstrahls und zum Ausgeben  
von Signalen, die einen empfangenen Meßstrahl angeben,  
40 - einer mit dem Empfänger verbundenen Auswerteeinheit zum Emp-  
fangen der von dem Empfänger ausgegebenen Signale und zum Erzeu-

gen von Signalen, die Wechselwirkungen des Meßstrahls mit Hindernissen auf seinem Ausbreitungsweg angeben, in Abhängigkeit der empfangenen Signale und

- einer Steuereinrichtung zum Steuern des Meßsystems,

dadurch gekennzeichnet, daß

- die Auswerteeinheit die Signale des Empfängers nur während gewählter Auswerte-Zeitintervalle auswertet, die jeweils einen Soll-Zeitpunkt umfassen, an dem ein dem zu prüfenden Bereich entsprechender Bereich eines eine Soll-Teilung aufweisenden Referenzwerkzeugs während der Drehung in den Meßstrahl eintaucht.

23. Meßsystem zum Prüfen einer Schneidengeometrie eines mit einer gewählten Drehzahl drehantreibbaren Werkzeugs, mit

- einem Sender zum Aussenden eines Meßstrahls,

- einem Empfänger zum Empfangen des Meßstrahls und zum Ausgeben von Signalen, die einen empfangenen Meßstrahl angeben,

- einer mit dem Empfänger verbundenen Auswerteeinheit zum Empfangen der von dem Empfänger ausgegebenen Signale und zum Erzeugen von Signalen, die Wechselwirkungen des Meßstrahls mit Hindernissen auf seinem Ausbreitungsweg angeben, in Abhängigkeit der empfangenen Signale und

- einer Steuereinrichtung zum Steuern des optischen Meßsystems, dadurch gekennzeichnet, daß

- der Empfänger den Meßstrahl nur während gewählter Empfangs-Zeitintervalle empfängt, die jeweils einen Soll-Zeitpunkt umfassen, an dem ein dem zu prüfenden Bereich entsprechender Bereich eines eine Soll-Teilung aufweisenden Referenzwerkzeugs während der Drehung in den Meßstrahl eintaucht.

24. Meßsystem zum Prüfen einer Schneidengeometrie eines mit einer gewählten Drehzahl drehantreibbaren Werkzeugs, mit

- einem Sender zum Aussenden eines Meßstrahls,

- einem Empfänger zum Empfangen des Meßstrahls und zum Ausgeben von Signalen, die einen empfangenen Meßstrahl angeben,

- einer mit dem Empfänger verbundenen Auswerteeinheit zum Empfangen der von dem Empfänger ausgegebenen Signale und zum Erzeugen von Signalen, die Wechselwirkungen des Meßstrahls mit Hindernissen auf seinem Ausbreitungsweg angeben, in Abhängigkeit der empfangenen Signale und

- einer Steuereinrichtung zum Steuern des Meßsystems, dadurch gekennzeichnet, daß



24

- der Sender den optischen Meßstrahl nur während gewählter Sendezeitintervalle aussendet, die jeweils einen Soll-Zeitpunkt umfassen, an dem ein dem zu prüfenden Bereich entsprechender Bereich eines eine Soll-Teilung aufweisenden Referenzwerkzeugs während der Drehung in den Meßstrahl eintaucht.

25. Meßsystem nach einem der Ansprüche 22 bis 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinheit und/oder die Steuereinheit wenigstens teilweise in dem Sender und/oder in dem Empfänger integriert sind.

26. Meßsystem nach einem der Ansprüche 22 bis 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit und/oder die Auswerteeinheit programmierbar sind.

27. Meßsystem nach einem der Ansprüche 22 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit und/oder die Auswerteeinheit mit einer Steuerung einer das Werkzeug drehenden Maschine verbunden sind.

28. Meßsystem nach einem der Ansprüche 22 bis 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßstrahl ein optischer Meßstrahl, vorzugsweise ein Laserlichtstrahl ist.

Fig. 1

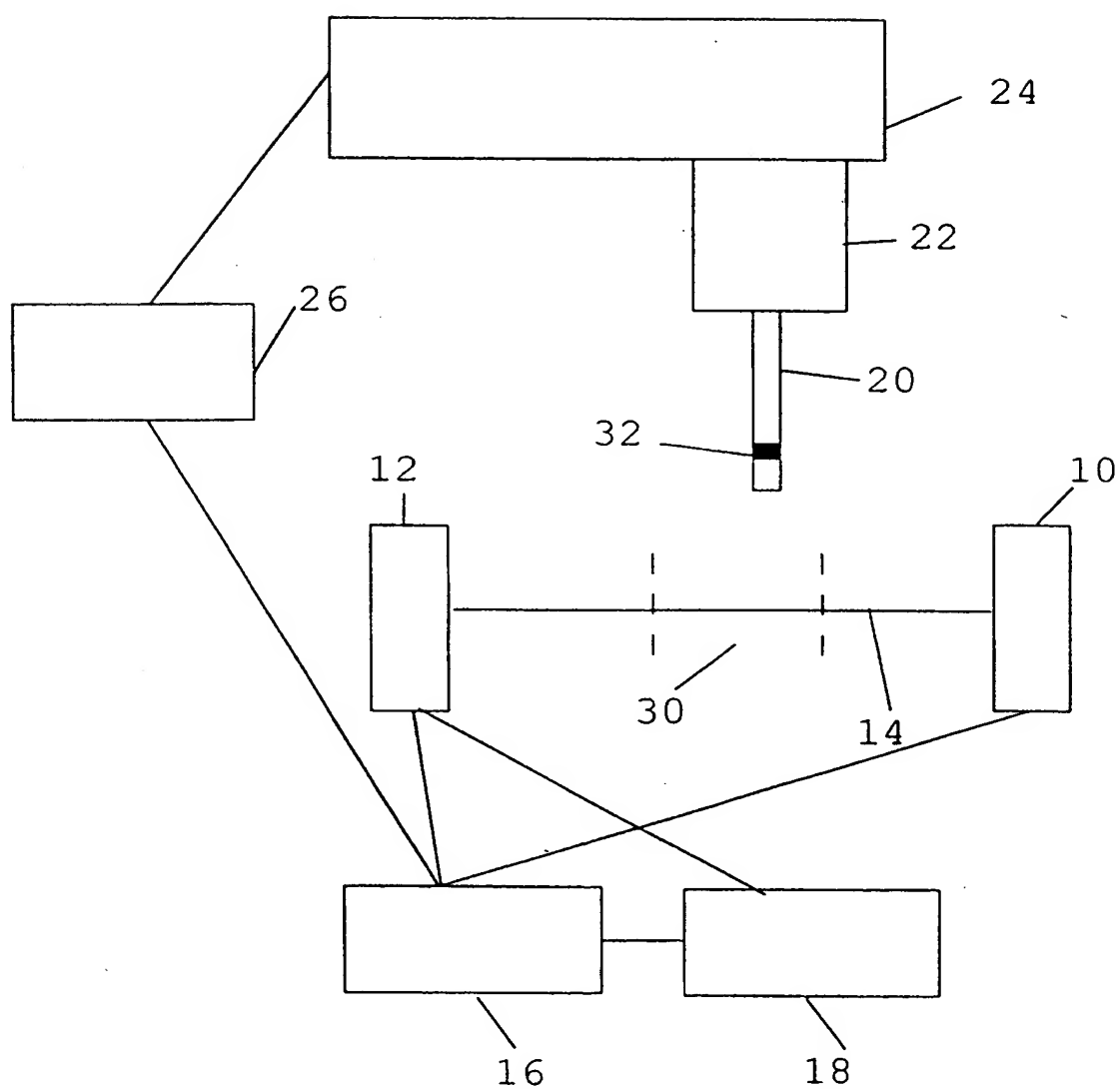
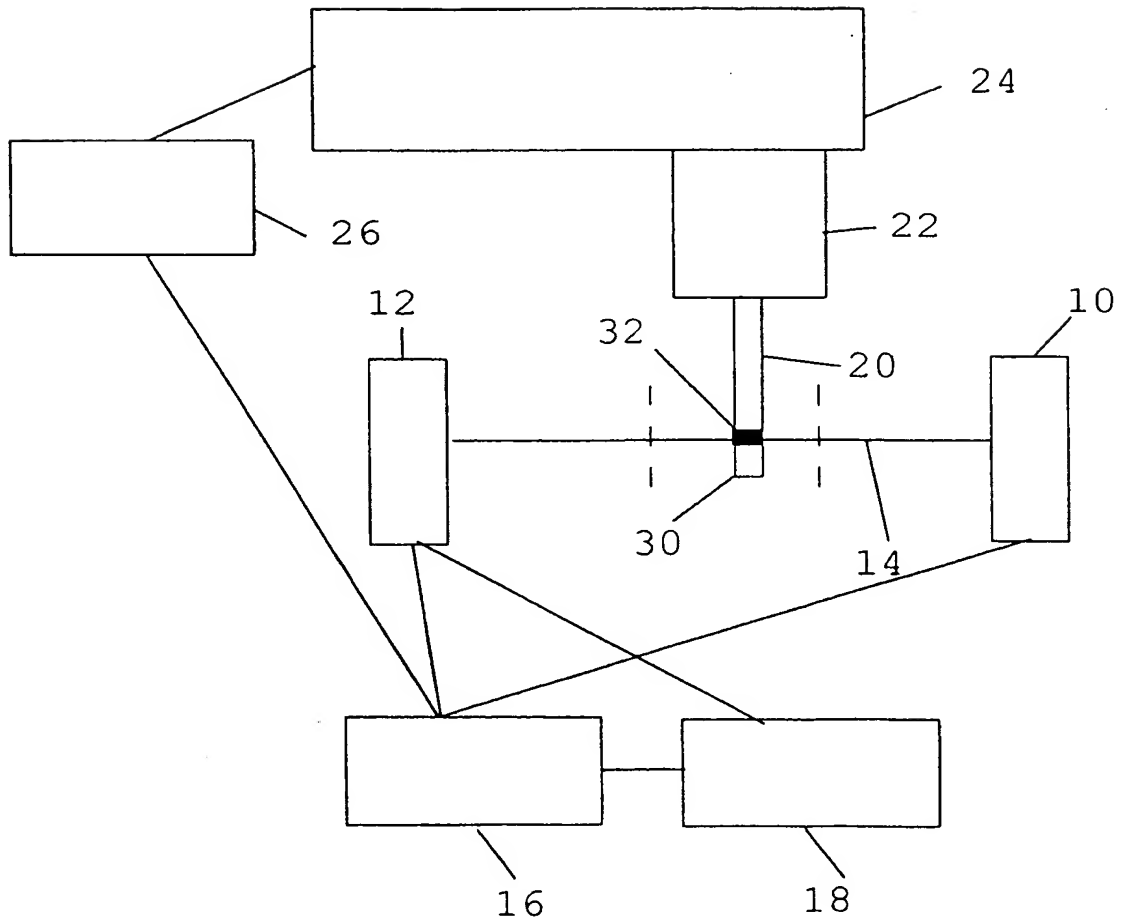


Fig. 2



3/6

Fig. 3

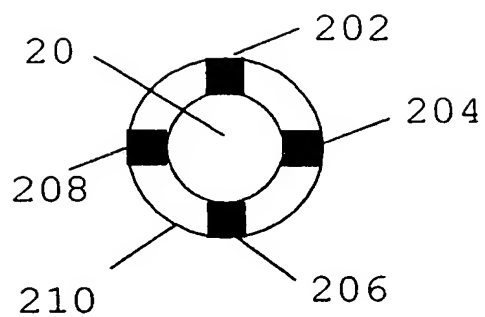


Fig. 4

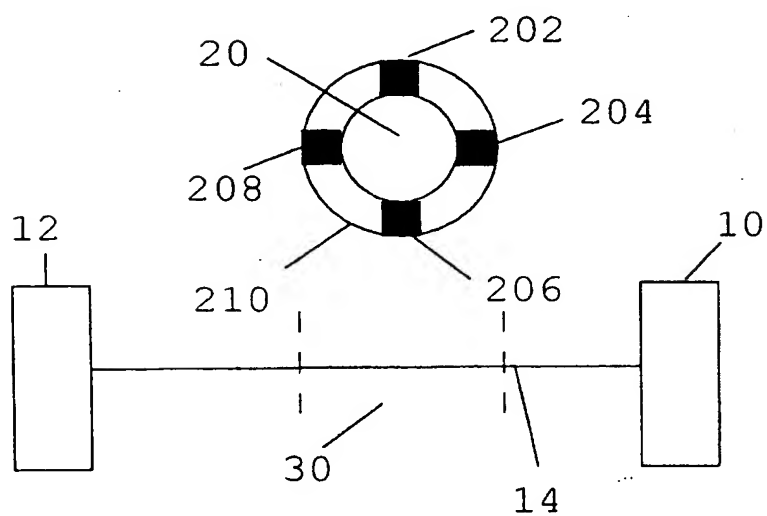
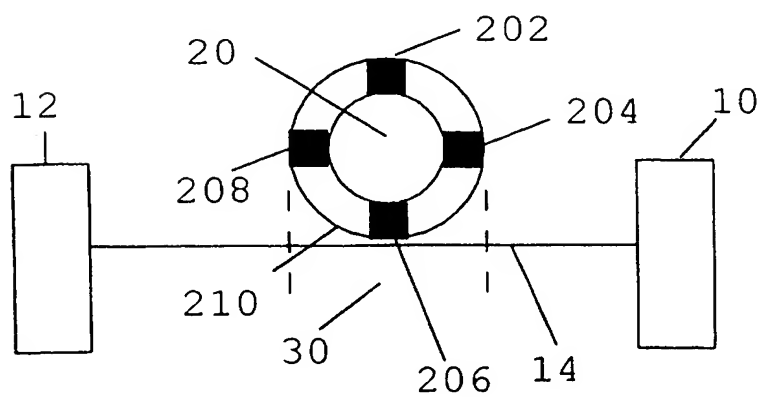
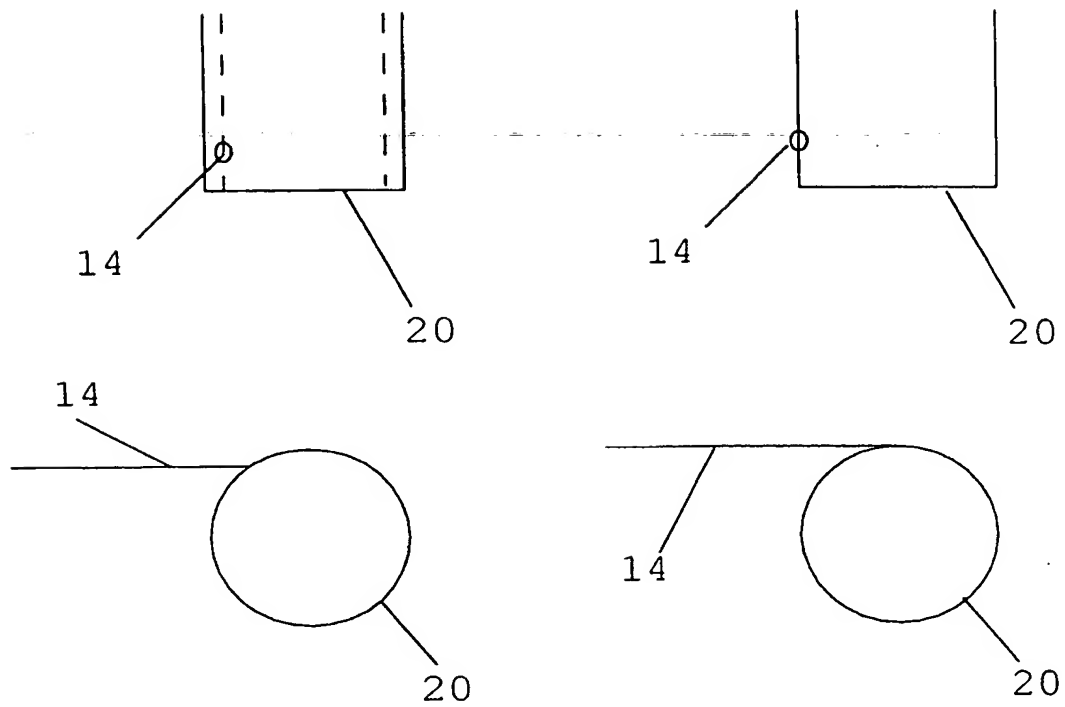


Fig. 5



ERSATZBLATT (REGEL 26)

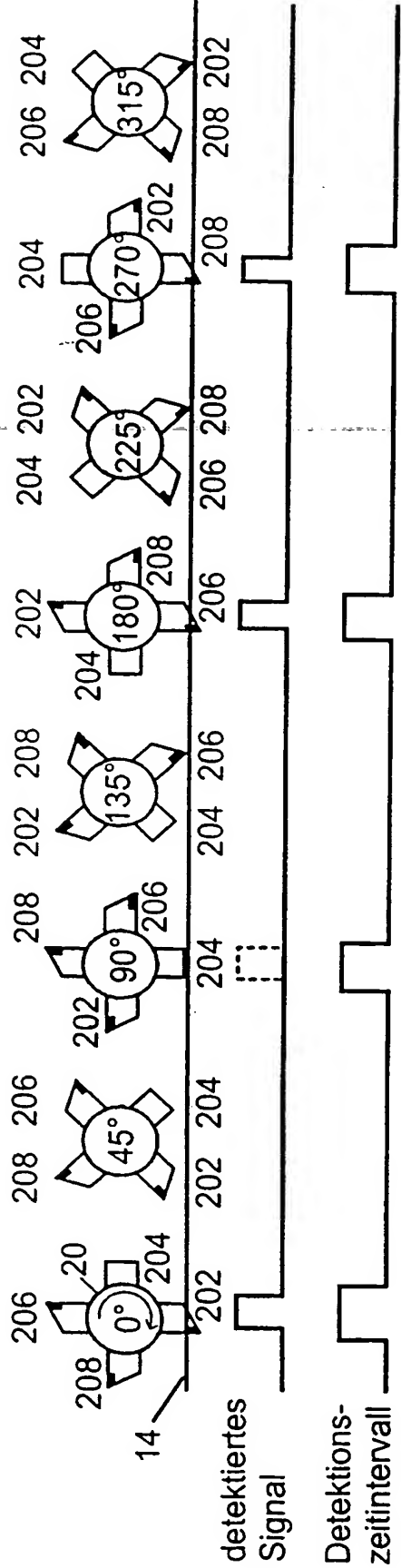
Fig. 6





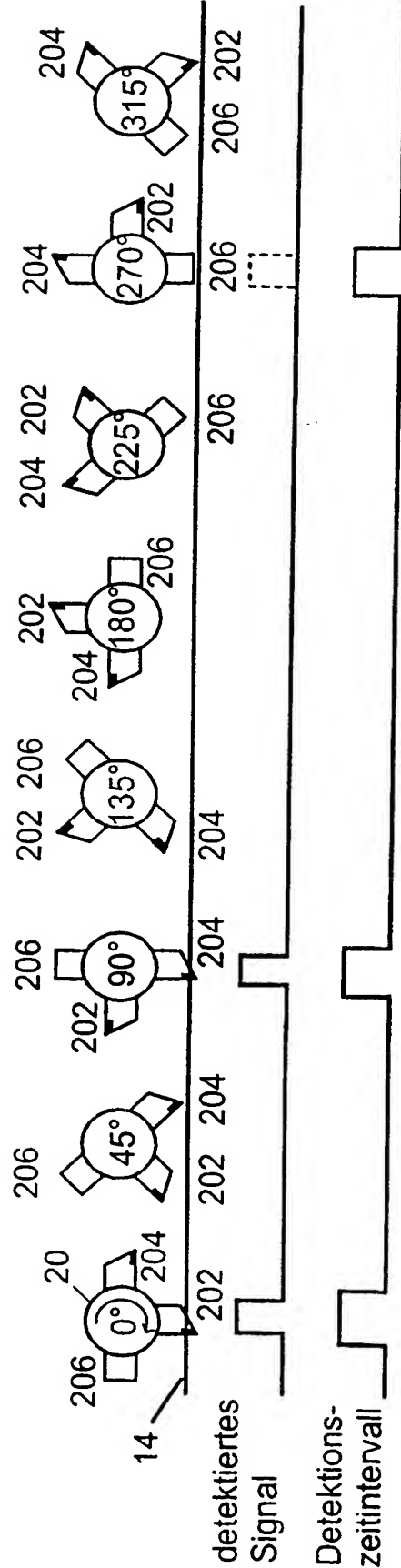
Symmetrisches Werkzeug mit 4-Schneiden

Fig.9



Asymmetrisches Werkzeug mit 3-Schneiden

Fig.10



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/EP 00/10313

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B23Q17/09 B23Q17/22 B23Q17/24 G01V8/12 G01B11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B23Q G01V G01B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

WPI Data, EPO-Internal, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 3 900 738 A (MCKAY SR RUSSELL M) 19 August 1975 (1975-08-19)  the whole document	1-4, 12-17, 19, 22-26,28
Y	DE 197 20 176 C (LEUZE ELECTRONIC GMBH & CO) 25 February 1999 (1999-02-25)  the whole document	1-4, 12-17, 19, 22-26,28
Y	US 3 817 647 A (LEMELSON J) 18 June 1974 (1974-06-18)  column 13, line 30 -column 14, line 42; figure 5	1-4, 12-17, 19, 22-26,28
	--- -/-	

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

### \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 February 2001

Date of mailing of the international search report

09/03/2001

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Westhues, T



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

In .ational Application No  
PCT/EP 00/10313

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 510 (M-1045), 8 November 1990 (1990-11-08) & JP 02 212045 A (DISCO ABRASIVE SYST LTD), 23 August 1990 (1990-08-23) abstract	1-28
A	US 4 667 113 A (NAKAJIMA KIYOHARU ET AL) 19 May 1987 (1987-05-19) abstract; claims; figure 10	1-28

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

In. tional Application No

PCT/EP 00/10313

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 3900738	A	19-08-1975	NONE	
DE 19720176	C	25-02-1999	DE 19613940 A	09-10-1997
US 3817647	A	18-06-1974	US 3963364 A	15-06-1976
			US 4733049 A	22-03-1988
			US 3188947 A	15-06-1965
			US 3476431 A	04-11-1969
			US 3481042 A	02-12-1969
			US 3605909 A	20-09-1971
			US 4118139 A	03-10-1978
JP 02212045	A	23-08-1990	JP 2879445 B	05-04-1999
US 4667113	A	19-05-1987	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/10313

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> IPK 7 B23Q17/09 B23Q17/22 B23Q17/24 G01V8/12 G01B11/00		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b> Recherchierte Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 B23Q G01V G01B		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) WPI Data, EPO-Internal, PAJ		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 3 900 738 A (MCKAY SR RUSSELL M) 19. August 1975 (1975-08-19)  das ganze Dokument	1-4, 12-17, 19, 22-26,28
Y	DE 197 20 176 C (LEUZE ELECTRONIC GMBH & CO) 25. Februar 1999 (1999-02-25)  das ganze Dokument	1-4, 12-17, 19, 22-26,28
Y	US 3 817 647 A (LEMELSON J) 18. Juni 1974 (1974-06-18)  Spalte 13, Zeile 30 -Spalte 14, Zeile 42; Abbildung 5	1-4, 12-17, 19, 22-26,28
-/-		
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *G* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  27. Februar 2001		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts  09/03/2001
Name und Postanschrift der internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Westhues, T

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/10313

## C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Beitr. Anspruch Nr.
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 014, no. 510 (M-1045), 8. November 1990 (1990-11-08) & JP 02 212045 A (DISCO ABRASIVE SYST LTD), 23. August 1990 (1990-08-23) Zusammenfassung -----	1-28
A	US 4 667 113 A (NAKAJIMA KIYOHARU ET AL) 19. Mai 1987 (1987-05-19) Zusammenfassung; Ansprüche; Abbildung 10 -----	1-28

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

In: Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 00/10313

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 3900738	A	19-08-1975	KEINE		
DE 19720176	C	25-02-1999	DE	19613940 A	09-10-1997
US 3817647	A	18-06-1974	US	3963364 A	15-06-1976
			US	4733049 A	22-03-1988
			US	3188947 A	15-06-1965
			US	3476431 A	04-11-1969
			US	3481042 A	02-12-1969
			US	3605909 A	20-09-1971
			US	4118139 A	03-10-1978
JP 02212045	A	23-08-1990	JP	2879445 B	05-04-1999
US 4667113	A	19-05-1987	KEINE		

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**